

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 02-074909

(43)Date of publication of application : 14.03.1990

(51)Int.Cl.

G02B 6/12

(21)Application number : 63-226562

(71)Applicant : YOKOHAMA KOKURITSU UNIV

(22)Date of filing : 12.09.1988

(72)Inventor : KOKUBU YASUO
SAKAMOTO TOMOHARU

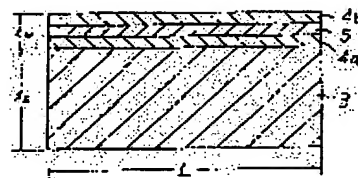
(54) OPTICAL WAVEGUIDE

(57)Abstract:

PURPOSE: To constitute a waveguide type optical circuit which maintains stable characteristics even if ambient temp. changes by using a dielectric material which constitutes a light guide film and has a negative temp. coefft. of the refractive index thereof to obtain the negative or nearly zero change rate of the dependency of the optical path length of the optical waveguide on temp.

CONSTITUTION: The dielectric waveguide film of the optical waveguide formed by depositing the dielectric waveguide film consisting of a core layer 5 enclosed by clad layers 4a, 4b on a dielectric flat plate substrate 3 is at least partly constituted of the dielectric material having the negative temp. coefft. dn/dT of the refractive index (n). The nearly zero or negative change rate of the dependency of the optical path length of the optical waveguide on temp. is obtd. by constituting the dielectric flat plate substrate 3 of the dielectric material having the coefft. α of linear expansion which satisfies the conditions of equation I. The change of the optical path length by a change in the ambient temp. is substantially prevented in this way and the waveguide type optical circuit having the characteristics stable to the change in the ambient temp. is constituted in this way.

$$\alpha + \frac{1}{n} \frac{dn}{dT} = 0 \quad (I)$$



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]

of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平2-74909

⑤ Int. Cl.³

G 02 B 6/12

識別記号

N

庁内整理番号

7036-2H

⑥ 公開 平成2年(1990)3月14日

審査請求 有 請求項の数 1 (全9頁)

⑬ 発明の名称 光導波路

⑭ 特 願 昭63-226562

⑮ 出 願 昭63(1988)9月12日

⑯ 発 明 者 國 分 泰 雄 神奈川県横浜市栄区小菅谷町2000-10 南小菅谷住宅3-306

⑰ 発 明 者 坂 元 智 春 神奈川県横浜市保土ヶ谷区上星川町540-3

⑱ 出 願 人 横 浜 国 立 大 学 長 神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台156番地

⑲ 代 理 人 弁 理 士 杉 村 曉 秀 外1名

明 細 書

1. 発明の名称 光導波路

2. 特許請求の範囲

1. 誘電体平板基板上にクラッド層により囲繞したコア層よりなる誘電体導波膜を被着して形成した光導波路において、前記誘電体導波膜の少なくとも一部を屈折率 n の温度係数 dn/dT が負の誘電体材料によって構成するとともに、前記誘電体平板基板を線膨張係数 α_s が

$$\alpha_s \leq \left| \frac{1}{n} \cdot \frac{dn}{dT} \right|$$

の条件を満たす誘電体材料により構成することにより、当該光導波路がなす光路長の温度依存変化がほぼ零もしくは負となるようにしたことを特徴とする光導波路。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、誘電体平板基板上にクラッド層により囲繞したコア層よりなる誘電体導波膜を被着し

て形成し、光回路を構成する光導波路に関し、特に、その光導波路がなす全光路長の温度係数がほぼ零もしくは負となるように構成し、周囲温度の変化に対して安定な特性を有する導波路型光回路を実現し得るようにしたものである。

(従来の技術)

誘電体媒質中に光を閉じ込めて伝搬させるこの種光導波路においては、従来とも、誘電体媒質の入力端と出力端との間における屈折率と距離との積によって決まる光路長が周囲温度の上昇に従って一般に増大する。その理由は、光導波路を構成する誘電体材料の線膨張係数 α が一般にはほぼ全ての誘電体材料について正であり、しかも、屈折率 n の温度係数 dn/dT も正であるためである。

(発明が解決しようとする課題)

したがって、かかる光導波路を用いて構成した従来の導波路型光回路においては、周囲温度の変化によって諸特性が大幅に変化する、という問題があり、この問題の解決が従来のこの種光導波路に対する課題であった。

(課題を解決するための手段)

本発明の目的は、上述した従来の課題を解決し、光路長が周囲温度によって変化せず、したがって、周囲温度が変化しても安定な特性の導波路型光回路を構成し得る光導波路を提供することにある。

すなわち、本発明光導波路は、誘電体平板基板上にクラッド層により囲繞したコア層よりなる誘電体導波膜を被着して形成した光導波路において、前記誘電体導波膜の少なくとも一部を屈折率 n の温度係数 dn/dT が負の誘電体材料によって構成するとともに、前記誘電体平板基板を線膨張係数 α が

$$\alpha \leq \left| \frac{1}{n} \cdot \frac{dn}{dT} \right|$$

の条件を満たす誘電体材料により構成することにより、当該光導波路がなす光路長の温度依存変化がほぼ零もしくは負となるようにしたことを特徴とするものである。

(作用)

したがって、本発明光導波路においては、光路

$$\begin{aligned} \frac{dS}{dT} &= L \frac{dn}{dT} + n \frac{dL}{dT} \\ &= L \left(n \frac{1}{L} \frac{dL}{dT} + \frac{dn}{dT} \right) \\ &= L \left(n \alpha + \frac{dn}{dT} \right) \end{aligned} \quad (2)$$

なお、光路長 S の温度変化率 $\frac{dS}{dT}$ としては、通常、上式(2)をさらに距離 L について正規化し、

$$\frac{dS}{dT} = n \alpha + \frac{dn}{dT} \quad (2)'$$

なる形態で表わす場合が多い。

ところで、例えばレンズの焦点距離などの光学素子の特性は、一般には、温度変化に対して安定であることが望ましい。そこで、例えばレンズの焦点距離が温度変化に対して安定であり、ほとんど変化しないための条件として、上述したのとは異なる光路長 S' をつぎの(3)式で表わし、

$$S' = (n-1)L \quad (3)$$

長が周囲温度の変化によって余り変化せず、周囲温度の変化に対して安定な特性の導波路型光回路を構成することができる。

(実施例)

以下に図面を参照して実施例につき本発明を詳細に説明する。

一般に、誘電体媒質中の光伝搬においては、第1図に示すように、誘電体媒質1の入射端と出射端との間の光路長、すなわち、両端間の距離 L と屈折率 n との積が、通常の誘電体材料については、温度上昇に伴って増大する。かかる光路長の温度変化特性は、誘電体材料の線膨張係数 α が、一般にはほぼ全ての誘電体材料について正であり、しかも、屈折率 n の温度係数 dn/dT も正の誘電体材料が多いことに基づいている。

すなわち、誘電体媒質中の光路長 S はつぎの(1)式

$$S = nL \quad (1)$$

で表わされ、したがって、光路長 S の温度変化率 dS/dT はつぎの(2)式で表わされる。

この光路長 S' の温度変化率 dS'/dT をつぎの(4)式で表わし、

$$\frac{dS'}{dT} = L \left[(n-1)\alpha + \frac{dn}{dT} \right] \quad (4)$$

さらに、上式(4)を距離 L について正規化して、

$$\frac{dS'}{dT} = \left[(n-1)\alpha + \frac{dn}{dT} \right] \quad (4)'$$

なる形態で表わし、この温度変化率 dS'/dT をほぼ零にするようなガラス材料、すなわち、つぎの第1表に示すようないわゆるアサermalガラスが開発されている。

第 1 表

	AK10	AK11	ATC1	AP23	ATP4	ATP2
n_d	1.4865	1.5322	1.6200	1.6282	1.6537	1.6505
$dn/dT(10^{-6}/K)$	-7.8	-8.3	-6.5	-9.44	-7.5	-7.8
$\alpha(10^{-7}/K)$	136	133	109	123	115	119
$dS'/dT(10^{-6}/K)$	-1.2	-1.2	+0.3	-1.7	+0.1	0.0

かかるアサermalガラスが得られる原理は、 $dn/dT < 0$ なる特性をもたすガラス組成成分を用いて $(n-1)\alpha$ の項を打消すことにあるが、厳密な意味での光路長 S 、すなわち、(1)式で表わした光路長の(2)式で表わした温度変化率 dS/dT 、もしくは、(2')式で表わした温度変化率 dS'/dT を零にするガラス材料は、現在までのところ見つかっていない。

本発明は、誘電体平板基板上に形成した光導波路を基本とする光回路、すなわち、導波路型光回路において上式(2)もしくは(2')で表わした光路長温度変化率 dS/dT もしくは dS'/dT を零もしくは負にすることを目的としたものである。

しかして、導波路型光回路においても、光路長の温度依存変化が零であることが望ましい。例えば、半導体レーザの発振波長が温度によって変化するもの、その原因は、共振器を構成する半導体導波路の等価屈折率、すなわち、伝搬定数 β を真空の伝搬定数 k で割った値が温度によって変化することにある。いま、簡単化したモデルとして、

第2図に示すように、屈折率 n の誘電体媒質1の両端面に反射鏡2a、2bを形成し、距離 L をもって対向させたファブリ・ペロー共振器を考え、簡単のために、光は、導波路内伝搬光ではなく、一様媒質中を伝搬するビーム波であるとする。なお、導波路内伝搬波とする場合には、屈折率 n を等価屈折率 $n_{eq} (= \beta/k)$ に置き換えればよい。

しかして、かかる場合の共振条件は、 N を整数として、つぎの(5)式によって与えられる。

$$2n_k L = 2\pi N \quad (N: \text{整数}) \quad (5)$$

ここに、 $k = 2\pi/\lambda$ であり、 λ は光の波長である。

かかる構成のレーザ共振器における発振波長の温度依存変化率はつぎの(6)式となる。

$$\frac{d\lambda}{dT} = \frac{2}{N} L \left(n\alpha + \frac{dn}{dT} \right) \quad (6)$$

しかして、一般に、 $\alpha > 0$ 、 $dn/dT > 0$ であるから $d\lambda/dT > 0$ となる。したがって、温度が上昇すると、発振波長も長波長側にシフトする。ま

た、(2)式で表わした光路長温度変化率 dS/dT を零にする媒質材料は存在しないのであるから、(6)式で表わしたレーザ発振波長温度変化率 $d\lambda/dT$ を零にすることも単独の光学材料では困難である。

そこで、2種類の光学材料の組み合わせによりそれぞれの光路長の温度依存変化を相殺して総合の光路長温度変化率を零にする場合について考察する。

第3図に示すように、屈折率 n_1 、両端間距離 L_1 の誘電体媒質1-1と屈折率 n_2 、両端間距離 L_2 の誘電体媒質1-2のそれぞれの一端を接合してそれぞれの他端間をビーム光が伝搬する場合の総合光路長 S_t はつぎの(7)式で与えられる。

$$S_t = n_1 L_1 + n_2 L_2 \quad (7)$$

したがって、かかる接合誘電体媒質における総合光路長 S_t の温度変化率 dS_t/dT はつぎの(8)式で与えられる。

$$\begin{aligned} \frac{dS_t}{dT} &= L_1 \left(n_1 \frac{1}{L_1} \frac{dL_1}{dT} + \frac{dn_1}{dT} \right) + L_2 \left(n_2 \frac{1}{L_2} \frac{dL_2}{dT} + \frac{dn_2}{dT} \right) \\ &= L_1 \left(n_1 \alpha_1 + \frac{dn_1}{dT} \right) + L_2 \left(n_2 \alpha_2 + \frac{dn_2}{dT} \right) \quad (8) \end{aligned}$$

いま、誘電体媒質1-1の屈折率 n_1 、距離 L_1 の温度依存変化を誘電体媒質1-2の屈折率 n_2 、距離 L_2 の温度依存変化で相殺して補償し、(8)式で表わした温度変化率 dS_t/dT の値を零にするには、つぎの(9)式の条件が成立する必要がある。

$$n_2 \alpha_2 + \frac{dn_2}{dT} = - \frac{L_1}{L_2} \left(n_1 \alpha_1 + \frac{dn_1}{dT} \right) \quad (9)$$

しかしながら、一般にはつぎの(10)式が成立する。

$$n_i \alpha_i + \frac{dn_i}{dT} > 0 \quad (i = 1 \text{ または } 2) \quad (10)$$

したがって、(9)式の条件を満たす光学材料の組み合わせは従来の技術では実現し得ないことになる。

そこで、本発明においては、誘電体平板基板上に形成した光導波路を用いた光回路、すなわち、導波路型光回路において等価的な屈折率 n_{eq} を考え、その等価屈折率 n_{eq} についてつぎの(10)式の条件が満たされるようにし、

$$n_{eq} \alpha + \frac{dn_{eq}}{dT} \leq 0 \quad (11)$$

さらには、(9) 式の条件も満たす温度係数補償も可能とする。

すなわち、いま、第4図に示すように、両端間距離 L 、厚さ t_4 の誘電体平板基板3上にクラッド層4a、コア層5およびクラッド層4bを順次に被着して厚さ t_4 に積層した光導波路について考察する。なお、コア層5の上下に位置するクラッド層4aと4bとは、簡単のため、同一光学材料からなるものとし、コア層5の屈折率および線膨張係数をそれぞれ n_1 および α_1 とし、クラッド層4a、4bの屈折率および線膨張係数をそれぞれ n_2 および α_2 とし、さらに、平板基板3の線膨張係数を α_3 とする。

板4、クラッド層4a、4bおよびコア層5をなすそれぞれの光学材料の線膨張係数、ヤング率などによって決まるが、通常の平板基板上単一モード光導波路においては、平板基板4の厚さ t_4 は導波路の厚さ t_w に比して極めて大きく、例えば、導波路の厚さ t_w が数 μm から数十 μm であるのに対して、平板基板4の厚さ t_4 は、通例、100 μm を超える。したがって、図示の光導波路における両端間距離 L の温度依存変化は、近似的にはほぼ平板基板4の線膨張係数 α_3 によって決まるものと見做すことができる。

そこで、上式(14)における $\frac{1}{L} \frac{dL}{dT}$ の項を基板材料の線膨張係数 α_3 によって近似すると、(14)式はつぎの(15)式となる。

$$\frac{dS_w}{dT} = L k (n_{eq} \alpha_3 + \frac{dn_{eq}}{dT}) \quad (15)$$

さらに、等価屈折率 n_{eq} はコア層5の屈折率 n_1 とクラッド層4a、4bの屈折率 n_2 とによって決まる

かかる光導波路の両端面間の光路長 S_w はつぎの(12)式で与えられる。

$$S_w = \beta L \quad (12)$$

ここに、 β は導波モードの伝搬定数であるが、簡単のために、単一モード導波路を考えて基本モードの伝搬定数であるとする。かかる光路長 S_w の温度変化率 dS_w/dT はつぎの(13)式となる。

$$\frac{dS_w}{dT} = L \left(\frac{d\beta}{dT} + \beta \frac{1}{L} \frac{dL}{dT} \right) \quad (13)$$

ここで、等価屈折率 n_{eq} ($= \beta / k$) を用いると、上式(13)はつぎの(14)式のように表わすことができる。

$$\frac{dS_w}{dT} = L k \left(\frac{dn_{eq}}{dT} + n_{eq} \frac{1}{L} \frac{dL}{dT} \right) \quad (14)$$

さて、第4図示の光導波路における両端間距離 L の温度変化係数 $\frac{1}{L} \frac{dL}{dT}$ は、厳密には、平板基

が、主としてコア層5の屈折率 n_1 により決まるので、これも近似して、

$$n_{eq} \approx n_1 \quad (16)$$

とすると、上式(15)はつぎの(17)式となる。

$$\frac{dS_w}{dT} = L k (n_1 \alpha_3 + \frac{dn_1}{dT}) \quad (17)$$

この(17)式と前述した光路長温度変化率 $\frac{dS}{dT}$ の(2)式もしくはレーザ発振波長温度変化率 $\frac{d\lambda}{dT}$

の(6)式とを比較すると、(2)式もしくは(6)式における線膨張係数 α が光導波媒質の線膨張係数であるのに対し、(17)式における線膨張係数 α_3 は光導波を行なわない基板材料の線膨張係数である。したがって、(17)式においては、屈折率 n_1 の温度係数 dn_1/dT と基板材料の線膨張係数 α_3 とをそれぞれ独立に選定することができ、つぎの(18)式とすることが可能になる。

$$n_1 \alpha_1 + \frac{dn_1}{dT} \leq 0 \text{ すなわち } \frac{dS_{w1}}{dT} \leq 0 \quad (18)$$

上述したところにつき具体的に例を示すために、

線膨張係数 α を横軸にとり、屈折率温度変化率

$\frac{1}{n} \frac{dn}{dT}$ を縦軸にとり、各種誘電体光学材料が呈

するそれらの値を対応する縦・横線の交点によ

て示すと第5図のようになる。図中、○印は(4)

式もしくは(4')式によって表わす光路長 S もし

しくは S' の温度変化率すなわち温度係数をほぼ等

とする誘電体材料、すなわち、いわゆるアサマ

ルガラスに属するものである。また、図中、実線

で示す斜線は、

$$n \alpha + \frac{dn}{dT} = 0 \quad (19)$$

の条件を満たす直線であるが、従来周知の誘電体

光学材料はすべてこの条件を示す斜線より上側に

位置するので、バルク型の光学媒質における光路

長の温度係数はすべて正の値となる。

する。

したがって、温度変化に対する正規化伝搬係数

b の変化が十分に小さい、として係数 b の温度依

存変化を無視すると、第4図示の光導波路にお

ける光路長 S の温度変化率を表わす(17)式はつぎの

(22)式となる。

$$\frac{dS_w}{dT} = L k \left\{ \left[n_1 b + n_2 (1-b) \right] \alpha_1 + \left[b \frac{dn_1}{dT} + (1-b) \frac{dn_2}{dT} \right] \right\} \quad (22)$$

したがって、この(22)式を用いれば、光導波路における光路長の温度依存変化を零にするための厳密な設計が可能となる。

上述のようにして前述した(18)式の状態を実現し得たとすると、第6図に示すように、同一誘電

体平板基板上に2種類の誘電体光導波路#1、

#2を互いに連接して形成し、一方の光導波路#

1の光路長の温度依存変化を、他方の光導波路

#2の誘電体材料を適切に選定するとともに、そ

ろしながら、第4図に示したように平板基板上に形成した光導波路においては、例えば、図中

一点鎖線で示すシリコン S_1 により平板基板を構

成すると、図中○印で示した各種のアサマ

ルガラスの位置は、導波路の線膨張係数がすべてシリ

コン基板の線膨張係数で決まるので、図中、一点

鎖線上の☆印まで移動したのと等価になり、その

結果、上述の(18)式の条件を実現し得ることにな

る。

なお、コア層5中を伝搬する光の電磁界のクラ

ッド層4a、4bへのしみ出しをも考慮する場合には、

等価屈折率 n_{eq} をコア層5の屈折率 n_1 で近似した

(16)式の代わりにつぎの(20)式を適用する。

$$n_{eq} = n_1 b + n_2 (1-b) \quad (20)$$

ここに、 b は正規化伝搬定数であり、つぎの

(21)式で与えられる。

$$b = \frac{(\beta/k)^2 - n_2^2}{n_1^2 - n_2^2} \quad (21)$$

なお、導波モードに対しては $0 \leq b < 1$ が成立

の両端間距離 L_1 を L_1 に対して最適値に設定して得

られるその光路長の温度依存変化により相殺し、

総合光路長の温度変化率を零にすることができる。

すなわち、第6図示の複合光導波路において、光

導波路#1の両端間距離 L_1 、コア層5-1の屈折

率 n_{11} 、クラッド層4a-1、4b-1の屈折率 n_{21} 、並

びに、光導波路#2の両端間距離 L_2 、コア層5-

2の屈折率 n_{12} 、クラッド層4a-2、4b-2の屈折

率 n_{22} に対し、つぎの(23)式の条件が成立するよ

うに光導波路#2の各誘電体材料によって定まる

屈折率 n_{12} 、 n_{22} および両端間距離 L_2 を適切に設定

すればよいことになる。

$$\begin{aligned} L_1 \left\{ \left[n_{11} b_1 + n_{21} (1-b_1) \right] \alpha_1 + \left[b_1 \frac{dn_{11}}{dT} + (1-b_1) \frac{dn_{21}}{dT} \right] \right\} \\ = -L_2 \left\{ \left[n_{12} b_2 + n_{22} (1-b_2) \right] \alpha_2 + \left[b_2 \frac{dn_{12}}{dT} + (1-b_2) \frac{dn_{22}}{dT} \right] \right\} \quad (23) \end{aligned}$$

なお、上式(23)における b_1 、 b_2 はそれぞれ(21)式で定義される光導波路#1、#2の正規化伝搬定数である。

以上のようにして、温度変化に対し諸特性が変化せずに安定した導波路型光回路が得られるが、かかる本発明光導波路の具体的構成の諸例を第7図乃至第9図につき以下に説明する。

まず、半導体レーザの発振波長を温度変化に対し安定化した場合における本発明光導波路の構成例を第7図に示す。図示の構成例においては、インジウム燐(ⅢP)平板基板3上に屈折率 n_1 のガリウム・インジウム砒素燐(GaInAsP)活性層6およびインジウム燐(ⅢP)クラッド層7を順次に被着して構成した半導体レーザ部 L_s のファブリ・ペロー共振器をなす一方の端面に片側ミラー2aを形成し、他半部をドライエッチング等を施して除去した跡に第5図に例示した各種アサermalガラスのうちの例えばPK51を用いて屈折率 n_w のコア層5と他のアサermalガラスよりなる上下のクラッド層4b、4aとからなる導波路部Wを形成し、全体とし

て外部共振器の形態のファブリ・ペロー共振器を構成する。

なお、第7図示のうよな接合構造の導波路型光回路を実際に製作するに当っては、半導体レーザ部 L_s にガラス導波路部Wを無反射に近い状態で接合するためのガラス導波路部形成技術確立する必要があるが、かかる接合技術の問題は、端面無反射コーティング技術や微細凹凸面にスパッタを反復施して平滑化するバイアス・スパッタ法による導波路端面接合技術により近い将来完全に解決し得るものとみられる。

しかして、簡単のために、半導体レーザ部 L_s 、光導波路部Wともに、コア層内への伝搬光の閉じ込め作用が強く、総合の屈折率 n の温度変化率 dn/dT はそれぞれのコア層6および5をなす誘電体材料によって決まるものと見做し、半導体レーザ部 L_s の屈折率温度変化率を dn_s/dT とし、光導波路部Wの屈折率温度変化率を dn_w/dT とする。また、半導体レーザ部 L_s のコア層6をなす材料はⅢ-V族半導体であるガリウム・インジウム砒素燐

(GaInAsP)であるが、その屈折率温度変化率 dn/dT および線膨張係数 α はインジウム燐(ⅢP)の屈折率温度変化率および線膨張係数にそれぞれ近似しているので、インジウム燐(ⅢP)の近似値をそれぞれ用いることにする。さらに、半導体レーザ部 L_s の両端間距離 L_s を $200\mu\text{m}$ とする。その結果、

$$\begin{aligned}\frac{dn_s}{dT} &= 27 \times 10^{-6} \text{ (1/K)} \\ \frac{dn_w}{dT} &= -9.9 \times 10^{-6} \text{ (1/K)} \\ \alpha_s &= 4.5 \times 10^{-6} \text{ (1/K)}\end{aligned}$$

なる値が得られ、したがって、第7図示の構成における総合光路長の温度変化率 dS_s/dT を零にするための前述した条件式(23)において $b_1 = 1$ 、 $b_2 = 1$ と近似することにより、光導波路部Wの両端間距離 L_w の所要値は $2,822\mu\text{m}$ となる。すなわち、かかる形状寸法の外部導波路付き半導体レーザを構成すれば、温度が変化しても発振波長がほとんど変化しない安定なレーザ光を取出すことができ

る。

つぎに、上述と同様の構成とすることにより分布ブラッグ反射型(DBR)半導体レーザの発振波長を安定化するようにした場合における本発明光導波路の構成例を第8図(a)、(b)にそれぞれ示す。同図(a)に示すDBR半導体レーザは、コア層5を上面にブラッグ反射用回折格子を形成したコア層8とする他は第7図示の構成例と全く同様に構成したものであり、また、同図(b)に示すDBR半導体レーザも、第7図示の構成例とほぼ同様の構成ではあるが、上面にブラッグ反射用回折格子を形成したコア層8-1および8-2をそれぞれ有する導波路部 W_1 および W_2 を半導体レーザ部 L_s の両端面にそれぞれ接合させて、第7図示の構成例で半導体レーザ部 L_s における一方の端面に形成した片側ミラー2aを排したものである。かかる構成のDBR半導体レーザにおいても、導波路部Wもしくは W_1 、 W_2 の光路長が温度変化によって変化しないようにする必要があるので、第5図に例示したアサermalガラスのうちの例えばATF4

を用いてそれぞれコア層8もしくは8-1、8-2を形成し、さらに、第7図示の構成例における同様に、導波路部におけるコア層内への伝搬光の閉じ込め作用が強く、総合の屈折率の温度変化率がコア層をなす誘電体材料によって決まるものと見做すと、DBR半導体レーザ1.における発振波長の温度変化による変化率は同じ半導体材料で形成した従来のこの種DBR半導体レーザにおける発振波長温度変化率のほぼ1/16になる。

最後に、互いに平行に近接した2光導波路間における光波の結合を利用した方向性光結合器におけるそれぞれの光導波路における光路長の温度依存変化がほぼ零となるようにした場合の本発明光導波路の構成例を第9図に示す。図示の構成は、誘電体平板基板3上に被着したクラッド層4中に形成したコア層5a、5bよりなる2本の光導波路の一部を互いに平行に近接させてコア層5a、5b中を伝搬する光波の結合により、入力光 P_{i1} の波長に応じていずれかのコア層から出力光 P_{o1} もしくは P_{o2} が得られるようにしたものである。かかる構

成の方向性結合部における平行光導波路の光路長が温度変化によって変化すれば、平行光導波路間における光結合の態様が変化するので、出力光の比 P_{o1}/P_{o2} が温度変化によって変動することになる。しかしながら、第9図示の構成における誘電体平板基板3を例えばシリコン(Si)をもって構成するとともに、第5図に例示したアサermalガラスのうちの例えばATP5によりコア層5a、5bを形成して光導波路を構成した本発明による方向性光結合器においては、方向性結合部における光路長の温度変化に伴う変動を従来に比して格段に小さくすることができる。

(発明の効果)

以上の説明から明らかなように、本発明においては、誘電体平板基板上に形成した光導波路およびその光導波路を基本とする導波路型光回路において、光導波路を構成する誘電体材料の屈折率の温度係数が負であるようなものを用いて光導波路における光路長の温度依存変化率 dS/dT を負もしくはほぼ零にする。したがって、本発明によれば、

つぎのような顕著な作用効果が得られる。

- (1) 光路長の温度依存変化率 dS/dT が負になる場合には、屈折率の温度依存変化率 dn/dT が正である他の光導波路と組合わせて双方の温度依存変化を相殺して補償し、総合光路長の温度依存変化をほぼ零にすることかできる。
- (2) 光路長の温度依存変化率 dS/dT がほぼ零になる場合には、その光導波路自体により構成した回折格子付光導波路や方向性光結合器等の光回路における光学的諸特性の温度依存変化をほぼ零にすることができる。
- (3) 本発明光導波路を適用すれば、光学的諸特性の温度依存変化を極めて小さくした導波路型光回路装置を実現することができるので、光の干渉を用いた光計測装置や周波数を精密に制御したコヒーレント光通信などの光通信に用いる光学装置の精密な温度制御を不要にすることが可能となる。

4.図面の簡単な説明

第1図は光路長の定義を示す線図、

第2図はファブリ・ペロー共振器の概略構成を示す線図、

第3図は2光路長の組合わせによる光路長温度依存変化の補償の態様を示す線図、

第4図は光導波路の概略構成を示す断面図、

第5図は各種材料の線膨張係数と屈折率温度変化率との関係を示す特性曲線図、

第6図は本発明による2光導波路の組合わせによる光路長温度依存変化の補償の態様を示す断面図、

第7図は本発明による半導体レーザ発振波長の温度依存変化の補償の態様を示す断面図、

第8図(a),(b)は本発明によるDBRレーザ発振波長の温度依存変化の補償の態様を示す断面図、

第9図は本発明による方向性光結合器の概略構成を示す斜視図である。

1、1-1、1-2 …誘電体媒質

2a、2b …反射鏡

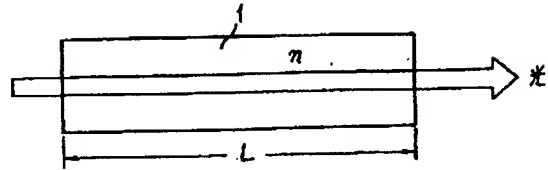
3 …平板基板

4a、4a-1、4a-2、4b、4b-1、4b-2、7 …クラッド層

5, 5-1, 5-2, 5a, 5b...コア層
 6...活性層
 8, 8-1, 8-2...回折格子付きコア層
 L_s ...半導体レーザ部
 W, W_1, W_2 ...導波路部

第1図

光路長の定義



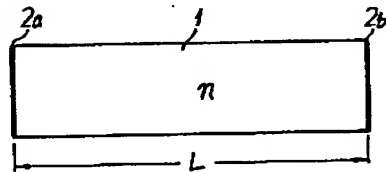
特許出願人 横浜国立大学長

代理人弁理士 杉村 曉 秀

同 弁 理 士 杉 村 興 作

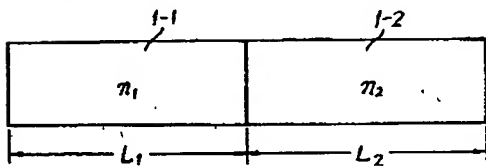
第2図

フアブリ・ペロー共振器の概略構成



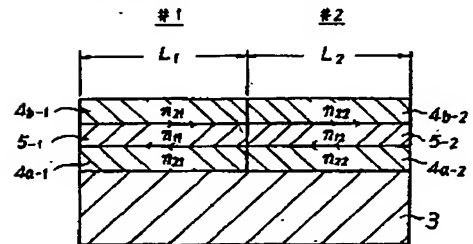
第3図

2光路長の組合わせによる光路長温度依存変化の補償



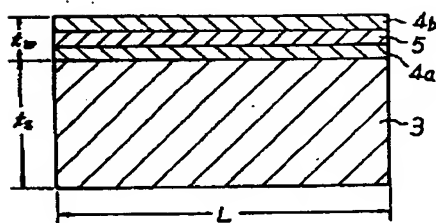
第6図

2光路長の組合わせによる光路長温度依存変化の補償



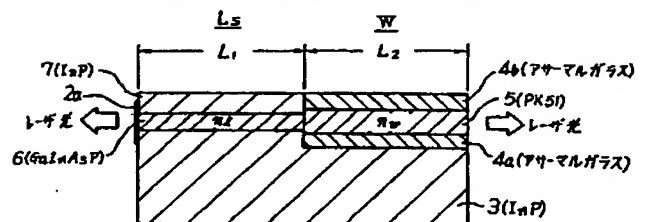
第4図

光導波路の概略構成



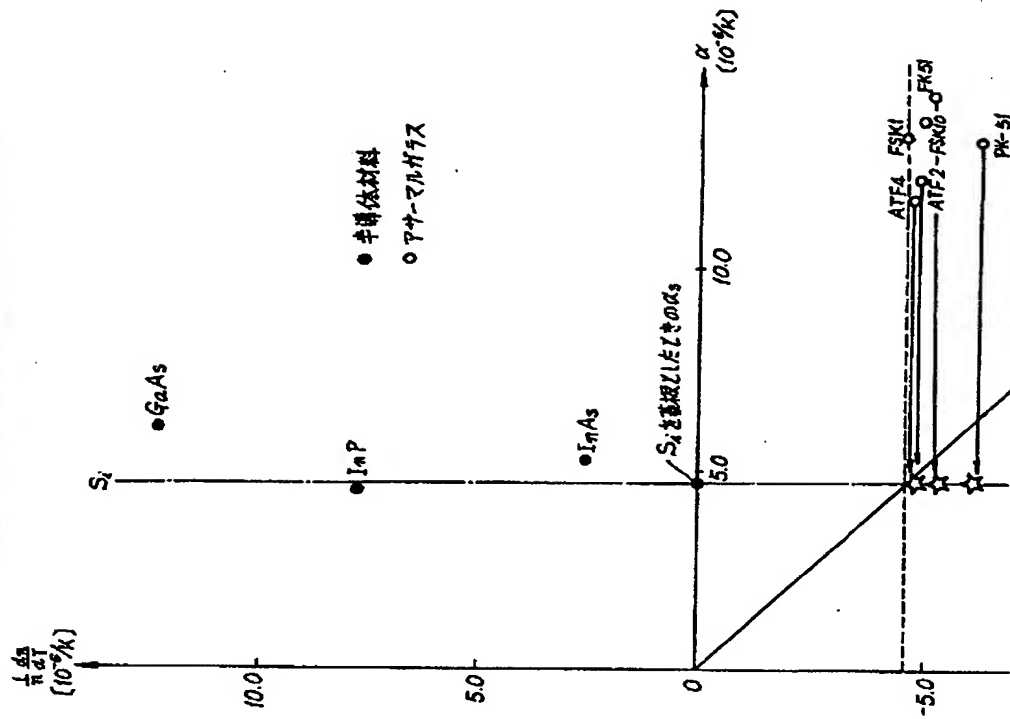
第7図

半導体レーザ発振波長の温度依存変化の補償



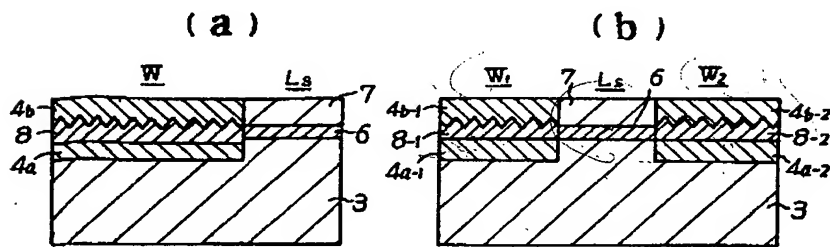
第5図

各種材料の熱膨張係数と屈折率温度変化率の関係



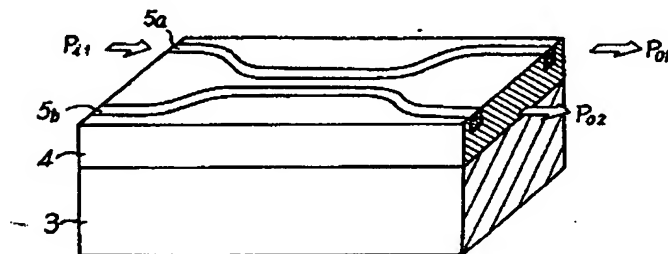
第8図

DBRレーザ発振波長の温度依存変化の補償



第9図

方向性光結合器の概略構成



THIS PAGE BLANK (USPTO)